



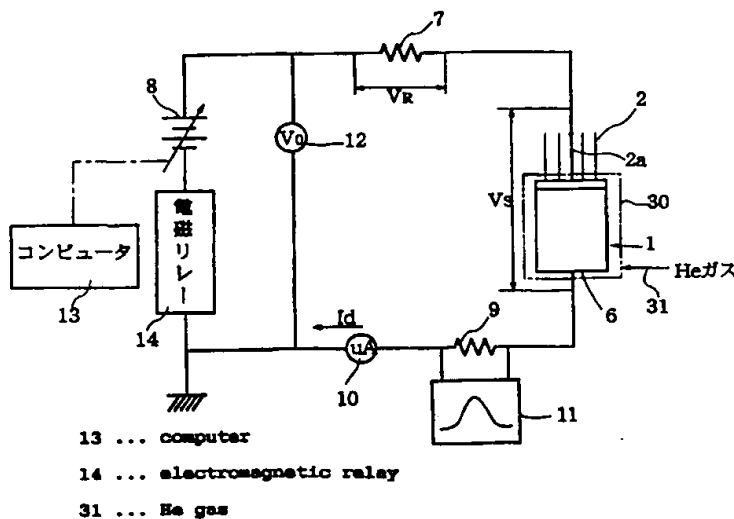
(51) 国際特許分類6 G01M 3/40, G01L 27/00	A1	(11) 国際公開番号 WO98/26267
		(43) 国際公開日 1998年6月18日(18.06.98)
(21) 国際出願番号 PCT/JP97/01627 (22) 国際出願日 1997年5月14日(14.05.97) (30) 優先権データ PCT/JP96/03601 1996年12月9日(09.12.96) WO (34) 先の出願たる広域出願または国際出願がその国についてされた国名 JP et al. (71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 株式会社 北計工業(HOKKEI INDUSTRIES L.T.D.)(JP/JP) 〒921 石川県金沢市増泉3丁目4番20号 Ishikawa, (JP) (72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ) 松井利久(MATSUI, Toshihisa)(JP/JP) 松井富雄(MATSUI, Tomio)(JP/JP) 〒920 石川県金沢市小立野1丁目17番18号 Ishikawa, (JP) 上田正紘(UEDA, Masahiro)(JP/JP) 〒916 福井県鯖江市下氏家町12丁目4番3号 Fukui, (JP) 入佐厚生(IRISA, Atsuo)(JP/JP) 〒458 愛知県名古屋市中区緑区桃山3丁目608 Aichi, (JP)	(74) 代理人 弁理士 小林十四雄, 外(KOBAYASHI, Toshio et al.) 〒100 東京都千代田区永田町2丁目14番2号 山王グランドビルディング403区 Tokyo, (JP) (81) 指定国 JP, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). 添付公開書類 国際調査報告書	

(54) Title: METHOD OF DETERMINING A DEFECTIVE PRESSURE SENSOR

(54) 発明の名称 圧力センサーの良否判定方法

(57) Abstract

A method of determining a defective strain gauge-type pressure sensor based upon leakage of vacuum. After the sensor is left in the air for a predetermined period of time, a resistor (7) is interposed between the positive electrode of the power source (8) and a terminal (2a), the resistor (7) having such a selected high resistance that an IC circuit (5) in a metal container will not be destroyed by a discharge current. The positive electrode of the power source (8) is connected to the terminal (2a) at which all the electrode pins (2) of a pressure sensor are short-circuited, the metal container (6) is grounded, and a high DC voltage is applied between the terminal (2a) and the metal container (6). The application of high DC voltage of the power source (8) is controlled by a computer (13), the voltage is slowly varied when it is to be applied, and the application of voltage is turned off upon a discharge of a pulse. A vacuum pressure in the metal container (6) is measured from a discharge current I_d of a pulse based on the Paschen's law. When the thus measured pressure in the sensor is larger than a predetermined value, the metal container (6) is introduced into a container (30) filled with a He gas. After the passage of a predetermined period of time, measurement is taken in the same manner to find an average pressure change rate. When the pressure change rate is larger than a predetermined value, it is regarded that vacuum is leaking, and the sensor is determined to be defective.



Ref. #8

MEMC 00-1100 (2808.1)

John D. Holder, et al.

10/004,961

(57) 要約

歪みゲージ式の圧力センサーの良否を真空漏れの有無によって判定する方法である。所定期間空気中に放置した後に、電源8の正極側と端子2aとの間に、放電電流が金属容器内のIC回路5を破壊しない値となるように選定した高い抵抗値を有する抵抗7を介在させて電源8の正極側を、圧力センサー1のすべての電極ピン2を短絡した端子2aに接続し、金属容器6を接地し、端子2aと金属容器6との間に直流高電圧を印加する。電源8からの直流高電圧の印加をコンピュータ13で制御し、印加開始の際には印加電圧をゆっくりと可変させるとともに、1パルスの放電で電圧印加をオフとする。1パルスの放電電流 I_d から、パッシェンの法則に基づき、金属容器6内部の真空圧を測定する。この測定で得られたセンサー内圧が所定値以上であれば、金属容器6をHeガスで満たした容器30内に入れ、所定期間経過後に同様の測定を行って平均的な圧力変化率を求める。この圧力変化率が所定値を上回れば真空漏れが生じているものとして不良品と判断する。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード（参考情報）

AL	アルバニア	FI	フィンランド	LT	リトアニア	SN	セネガル
AM	アルメニア	FR	フランス	LV	ラトヴィア	SZ	スワジランド
AT	オーストリア	GB	英国	MC	モナコ	TD	チャド
AZ	アゼルバイジャン	GE	グルジア	MD	モルドバ	TG	トーゴ
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GM	ガンビア	MG	マダガスカル	TJ	タジキスタン
BB	バルバドス	GN	ギニア	MK	マケドニア共和国	TM	トルクメニスタン
BE	ベルギー	GW	ギニア・ビサウ	ML	マリ	TR	トルコ
BG	ブルガリア	GU	グアム	MN	モンゴル	TT	トリニダード・トバゴ
BR	ブラジル	HU	ハンガリー	MR	モーリタニア	UA	ウクライナ
BS	バハマ	ID	インドネシア	MW	マラウイ	UG	ウガンダ
BY	ベラルーシ	IE	アイルランド	MX	メキシコ	US	米国
CA	カナダ	IT	イタリア	NE	ニジェール	UZ	ウズベキスタン
CC	中央アフリカ共和国	IL	イスラエル	NL	オランダ	VN	ベトナム
CF	中央アフリカ共和国	IS	アイスランド	NZ	ニュージーランド	YU	ユーゴスラヴィア
CH	スイス	JP	日本	PT	ポルトガル	ZW	ジンバブエ
CI	コートジボワール	KE	ケニア	RO	ルーマニア		
CM	カメルーン	KR	韓国	RS	ロシア		
CN	中国	KZ	カザフスタン	RU	ロシア連邦		
CU	キューバ	LA	ラオス	SE	スウェーデン		
CY	キプロス	LC	セント・ルシア	SG	シンガポール		
CZ	チェコ	LI	リヒテンシュタイン	SI	スロベニア		
DE	ドイツ	LK	スリランカ	SK	スロバキア		
DK	デンマーク	LS	レソト	SL	シエラ・レオネ		
EE	エストニア						

明細書

圧力センサーの良否判定方法

技術分野

本発明は、歪みゲージ式の圧力センサーの真空漏れについての良否判定方法に関する。

背景技術

歪みゲージ式の圧力センサーは、例えば自動車用のエンジンの高効率化等のための真空センサーとして必要不可欠のものである。通常この種の圧力センサーは、内部の高真空領域と外部からの圧力導入管との間の圧力差を、両者の間に真空的に絶縁して設置した圧電素子により検出し、検出値を電気信号として増幅して取り出している。製造時における容器内部の真空度は、通常は 6.7 Pa (0.05 Torr) 以下であり、真空センサーとしての耐久年数は20年以上とされる。即ち、実用化されているこの種の圧力センサーの最大許容真空漏れ率としては、 $1.0 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{cc}/\text{秒}$ 以下が必要であるといわれている。

ところで、このようなセンサー構造では、容器内部の真空度がある値まで低下すると圧電素子の出力電気信号が外部からの圧力変化に比例しなくなる。この真空漏れは、圧力センサーとしては致命傷である。このため種々の真空漏れ検査が行われている。現行の一般的な検査方法は、圧力センサーを放射性物質の加圧釜中に数日間封入し、真空漏れが生じていれば放射能ガスを吸引してしまうので、それを取り出して放射能強度をガイガーカウンター等で測定し、良否や真空漏れ率を判定するという、通常ラジクロ法と称されるものである。

しかしながら、このようなラジクロ法による良否判定では、放射能物質の取り扱いが大変困難で、作業環境、作業者の就労性が大変に悪い等の放射能汚染による公害、環境問題が付きまとう。このようなラジクロ法の他にも種々の判定方法が知られているが、いずれも手法が複雑で、使用する機器、装置が高価であり、しかも判定に時間が掛かる等の問題がある。

本発明はこのような従来の諸問題点に鑑み、従来の放射能利用による判定方法

に代わって、真空漏れ及び電気回路的な欠陥について放電と電気出力特性の両者から広範囲にわたって実用的に推定でき、しかも簡易かつ安全で、かつ正確、無公害かつ経済的な圧力センサーの良否判定方法を提供することを目的とする。

発明の開示

本発明は、上述のような圧力センサー容器の内部圧力測定の新しい方法を提案するものであり、本発明は、原理的には、放電開始電圧が容器内部の真空度に依存するというパッシェンの法則 (Paschen's Law) を基に、最初の1個のパルスの放電開始電圧からセンサー容器内部の真空度を瞬時に測定することが可能で、センサー容器内部の状態に何の変化も与えずに良否を判定し得る方法を提案するものである。

本発明に係る圧力センサーの良否判定方法は、センサー容器内部の真空度と圧力導入部に印加される圧力との差から生じる歪電圧によって圧力を測定する歪みゲージ式の圧力センサーについて真空漏れの良否を判定する方法である。本発明では、直流高電圧を発生させる電源の正極側を、高抵抗値の抵抗を介してすべての電極を短絡した端子に接続するとともにセンサー容器を接地した圧力センサーを、空気、HeガスまたはHeガス及び空気の混合ガスで満たした容器内に入れ、上記端子と上記センサー容器との間に直流高電圧を印加し、上記センサー容器内の真空度により生じる放電電流から上記センサー容器内部の真空度を測定し、該測定を所定の期間をおいて繰り返し、該期間での平均的な圧力変化率が所定値を上回れば真空漏れが生じているものとして不良品と判断するものである。上記直流高電圧の印加は、上記放電が1パルスだけ行われる時間となるように制御する。そのために、電圧印加開始の際には上記印加電圧をゆっくりと可変させるとともに、上記1パルスの放電で上記電圧印加をオフとする。また上記電源の正極側と上記すべての電極を短絡した端子との間に介在させる高抵抗値の抵抗の抵抗値は、上記放電電流が上記センサー容器内の回路を破壊しない値となるように選定する。

このような圧力センサーの真空度の測定に本発明が採用する原理は、上述のようにパッシェンの法則である。この法則は、周知のように、電場が一様で気体の温度、湿度が一定ならば、火花放電を起こすのに必要な最小電圧を、電極間距離

と気体の圧力との積の関数として定められるというものである。この法則を利用して、放電現象と圧力の関係から、真空漏れ率を測定する。即ち、真空圧の違いによって生じる1個の放電パルスの放電開始電圧または放電電流からその真空圧が推定できるので、ある時刻でのセンサー容器の内部圧力を測定し、つぎにある期間後での内部圧力を測定すれば、この期間での平均的な圧力変化率を求め、さらに同じデータによりその期間での漏れ率をセンサー容器の内部容積とも関係させて求めることができる。

従って、本発明に係る圧力センサーの良否判定方法は、判定を下せるまである程度の期間が必要となるが、1個の放電パルスの放電開始電圧からその真空度を瞬時に測定することが可能で、内部状態に何の変化も与えずに測定し得る全く新しい方法である。

図面の簡単な説明

図1は、測定対象となる圧力センサーの構造を示す平面断面図(A)及び側面部分断面図(B)である。

図2は、図1の圧力センサーの本発明による測定系を示す概念図である。

図3は、真空漏れのモデルを示す概念図である。

図4は、円形断面の穴を通過できるN₂分子とHe分子の径との関係における図3の穴の有効断面積を示す概念図である。

図5は、本発明を実証するための実験装置の構成を概念的に示す断面図である。

図6は、放電電圧とセンサー内圧の関係の実験結果を示すグラフ図である。

図7は、図5の実験装置での電圧印加による放電パルス波形を示す波形図である。

図8は、センサー内圧と最低感度の関係を示す図である。

図9は、空気中での真空漏れ量とHeガス中での真空漏れ量を比較した実験結果を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

以下本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

まず本発明で判定対象となる歪みゲージ式の圧力センサーの構造例を図1により説明する。この圧力センサー1は、ベース1aに複数本の電極ピン2・・・と圧力導入管3を互いに電氣的に絶縁して設け、圧力導入管3の先端に金属ダイアフラム4を取り付け、ダイアフラム4の面上に圧電素子及びIC回路（以下単にIC回路という。）5・・・を設け、IC回路5と電極ピン2との間を配線し、それらの上部を金属容器6で覆って構成してある。

本発明では、このような圧力センサー1をHeガスまたはHeガスと空気の混合ガスで満たした容器内に入れ、上述のようにパッシェンの法則で、放電現象と圧力の関係から、真空漏れ率を測定する。即ち、ある時刻 T_1 での圧力センサー1の内部圧力 P_1 を測定し、つぎにある期間 T （秒）後での内部圧力 P_2 を測定すれば、この期間での平均的な圧力変化率 R が、

$$R = (P_2 - P_1) / T \quad (\text{Pa} \cdot \text{cc} / \text{秒})$$

として求められる。またそのときの漏れ率 L は、センサーの内部容積を v として

$$L = (P_2 - P_1) v / T \quad (\text{Pa} \cdot \text{cc} / \text{秒})$$

として、求められる。

そこで図2に示すように、空気圧を一定にした容器30内に図1の圧力センサー1を入れ、その圧力センサー1のすべての電極ピン2・・・を短絡した端子ピン2aを、外部抵抗7を介して直流高電圧の電源8と接続し、金属容器6を外部抵抗9と電流計（ μA 計）10を介して接地し、外部抵抗9の両端の電圧を観察及び放電開始電圧の記録が可能となるようにストレージオシロスコープ11を接続する。電圧計12は、電源8からの印加電圧 V_0 を示すように接続する。電源8は、圧力センサー1の電極ピン2からの実際の放電電圧 V_s （通常数100～数1000V）を生じさせ得るように最大印加電圧を設定する。また電源8には、その出力電圧を可変させる手段としてコンピュータ13を接続する。さらに、電源8の負極側には、1個の放電電流でオフとなる電磁リレー14を接続し、これを接地する。

そして、容器30に取り付けたHe配管31からHeガスを容器30内に導入し、以下に説明する試験を行った。なお、すべての電極ピン2の短絡は、電極ピン間の接触抵抗を安定化させるために、導電性グリースをベース1aに塗布して

行った。

既に述べたように、本発明は、圧力センサー 1 の内部にできる限り影響を与えないで、1 個の放電パルスからセンサー容器の内部圧力を推定することを可能とするもので、そのために、できるだけ早い時期に放電電圧や放電電流を検出し、瞬時に放電を止めてしまえるようにしている。

そのための第 1 の手段として、外部抵抗 7 として $50\text{ M}\Omega$ 程度の高抵抗値のものを用いている。このようにすると、例えば $I_d = 10\text{ }\mu\text{A}$ の放電電流が流れたとすると、外部抵抗 7 の両端で $V_R = 500\text{ V}$ ($V_R = R I_d$ の関係から、 $50 \times 10^6 \times 10 \times 10^{-6} = 500\text{ V}$) の電圧降下が生じ、 $V_s = V_0 - V_R$ の関係から端子 2 a と金属容器 6 間での放電電圧が 500 V 降下して放電が停止する。

放電が停止すると、当然に放電電流 I_d が流れなくなるので、再び電源 8 による印加電圧 V_0 が端子 2 a と金属容器 6 間に加わり、次の放電が開始し得る状態となる。なお当然ながら、放電開始電圧そのものは外部抵抗 7 の大きさには全く依存しないので、本発明の実施にあたっては、実際に各種の抵抗値の抵抗を接続して確認する必要がある。

一方、このようなパルス放電の繰り返しは、電源 8 からの印加電圧 V_0 によって大きく異なる。1 パルスのみでは電流計 10 の針の触れは全く観察されないが、このパルスがかなり頻繁に生じるようになると数 μA の電流が平均値として観測される。ところが、たとえ $1 \sim$ 数 μA の微小な電流でも、この電流計 10 で観測されてしまえば、本発明者等の行った実験では、この時には少なくとも数十～数百個のパルスが電流計 10 を通過しており、その後に圧力センサー 1 の動作確認を行ってみると、IC 回路 5 が完全に損傷を受け、センサーとしての機能を失っていることがわかった。したがって、1 個の放電パルスを検出したならば次の放電パルスの発生を確実に止める必要があり、そのためには、電源 8 からの印加電圧 V_0 をゆっくりと上昇させなければならない。

そこで第 2 の手段として、コンピュータ 13 により電源 8 の出力電圧を所望の形態で変化させ得るものとし、電源 8 からの電圧印加を電磁リレー 14 によりオン、オフさせるようにしている。

即ち、電源 8 からの印加電圧 V_0 の急激な上昇は、大電流放電、即ち短時間で

の複数個のパルス発生につながるので、本実施形態では1パルスのみ放電を検出したら、次の放電パルスが生じる前に電磁リレー14により自動的に回路を開く。電磁リレー14に使用する電磁石を、例えば不感時間約0.5ミリ秒、立ち上がり時間約1ミリ秒のものとすると、動作開始までに1.5ミリ秒の時間遅れが生じるので、電源8からの印加電圧 V_0 の上昇制御をコンピュータ13によりこの時間遅れに見合うように制御する。

なお、本発明者等の行った実験では、1パルス放電では放電間隔を例えば1～2分間にすれば、何度放電させてもIC回路5は何らの損傷も受けないことが確認され、実験の再現性も向上した。

ところで、放電のきっかけとなる電極からの電子放出は、電界、即ち電極構造が決まっていれば放電電圧に大きく依存することは明らかであるが、時には空間を飛び回っている宇宙線等のために生じることもある。電界による電子放出、即ちフィールドエミッションは通常 10^8 V/m 以上の電界強度で生じる。電子放出面の形状が数 μm 径程度の針先のような形状であれば、たとえ数100Vの電圧でも容易に上述のような強度に達する。特に、圧力センサー1の金属容器6の内部では、ピン状の電極ピン2端部と、複数の電極ピン2に囲まれてそれらの中央部に配置されるICとが、数10 μm 程度の細い金属線で接続されており、かつそのような金属線と金属容器6の内面間の距離が1mm以下であるので、上述のようなフィールドエミッションが生じる可能性が十分にある。しかも、金属線と金属容器6の内面間の距離がたとえ10%程度の誤差であっても、電界強度は1桁ぐらいは十分異なる可能性があり、電子放出は電界強度に対して指数関数的に異なる。

そこで、このようなフィールドエミッションの可能性を取り除くために、金属容器6をアース（グラウンド）にとり、金属容器6から電極ピン2へ電子が放出するように、電極ピン2を短絡した端子2aに正の高電圧を印加するようにしている。即ち、電子放出が平坦な金属容器6の内面で生じるようにして、放電開始状態の安定化、換言すれば放電開始電圧の安定化を図っている。

なお本発明との比較例として、外部抵抗7の抵抗値を、通常のこの種の実験、観察に用いられる数 $\text{K}\Omega$ 程度のものすると、放電によって数100 μA 程度の電

流が流れても、外部抵抗 7 による電圧降下はせいぜい数 V 程度である。このため、圧力センサー 1 の電極ピン 2、2 間での実際の放電電圧 V_s はほとんど変化せず、このため連続的な放電となり、圧力センサー 1 内部の IC 回路 5 が損傷してしまい、正常に動作しなくなる。

次に He ガスを容器 30 中へ封入すると圧力センサーの真空漏れ率の測定が高感度化することについて説明する。

容器 30 中を He ガスのみによって満たすと、漏れが最大となる理想的な円形断面の穴における空気漏れに対して約 4.14 倍、通常考えられる楕円形断面の穴における空気漏れに対しては低く見積もっても約 10 倍以上の漏れとなる。

He ガスの漏れ率についての基本的な考え方は、漏れの原因となる小さな穴の大きさを概算し、空気の大部分を占める N_2 と He 分子がどの程度の割合でその穴を抜け出るかを推定することにある。単位体積当たり n 個の密度で分布している気体分子が面積 S の小さな穴から単位時間当たりに漏れ出る数 ΔN は、その分子の平均速度を v_a とすれば、気体分子の運動論から、

$$\Delta N = (1/4) n \cdot S \cdot v_a$$

即ち

$$S = 4 \Delta N / (n \cdot v_a)$$

と与えられる。ここで図 3 のような単純な構造を仮定して検討する。即ち一方のチャンバ 40 側が 1 気圧の空気、他方のチャンバ 41 側が真空で、隔壁 42 に小さな漏れ穴 43 があり、圧力センサーの最大許容漏れ率 $1 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{cm}^3 / \text{秒}$ となる穴 43 の断面積 S を推定する。

そのためには、 ΔN 、 n 、 v_a を概算する必要がある。まず、 ΔN と n について検討する。気体の状態方程式は、モル数を n' とすれば、

$$pV = n' RT$$

即ち

$$n' = pV / (RT)$$

と与えられる。1 秒間当たりに洩れ出す気体分子のモル数 n' は、この式において、 $R = 8.31 [\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$ 、 $T = 300 \text{ K}$ (常温の摂氏 27°C として)、 $pV = 1 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{cm}^3 = 1 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3$ を代入すれば、

$$\begin{aligned}
 n' &= 4.0 \times 10^{-15} [\text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol} / \text{J}] \\
 &= 4.0 \times 10^{-15} [\text{mol}] \\
 &(\because \text{J} \equiv \text{Pa} \cdot \text{m}^3)
 \end{aligned}$$

となり、その気体分子数 ΔN は

$$\begin{aligned}
 \Delta N &= 4.0 \times 10^{-15} \times 6 \times 10^{23} \\
 &= 2.4 \times 10^9
 \end{aligned}$$

となる。また、1気圧、300Kでの気体分子密度 n は、0℃で1モルの気体の体積が22.4[l]であるから、

$$\begin{aligned}
 n &= (273/300) \times 6 \times 10^{23} / (22.4/1000) \\
 &= 2.4 \times 10^{25} [\text{個}/\text{m}^3]
 \end{aligned}$$

となる。

つぎに、 N_2 、 He 分子の平均速度 $v_{a\text{N}}$ 、 $v_{a\text{H}}$ は、それぞれの分子の分子量を M_{N} 、 M_{H} とすれば

$$\begin{aligned}
 v_{a\text{N}}^2 &= 3RT/M_{\text{N}} \\
 v_{a\text{H}}^2 &= 3RT/M_{\text{H}}
 \end{aligned}$$

で与えられるから、 $R=8.31 [\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$ 、 $T: 300\text{K}$ 、 $M_{\text{H}}=4 [\text{kg}/\text{mol}]$ 、 $M_{\text{N}}=28 [\text{kg}/\text{mol}]$ を代入すると

$$\begin{aligned}
 v_{a\text{N}} &= 517 [\text{m}/\text{秒}] \\
 v_{a\text{H}} &= 1367 [\text{m}/\text{秒}]
 \end{aligned}$$

となる。ここでの最大許容漏れ率は空気、即ち N_2 を対象とするもので、これに対する面積 S は、上記 ΔN 、 n 、 $v_{a\text{N}}$ の値から、

$$\begin{aligned}
 S &= 4 \Delta N / (n \cdot v_{a\text{N}}) \\
 &= 0.774 \times 10^{-18} [\text{m}^2]
 \end{aligned}$$

この面積 S に対応する穴を円形と考えると、その半径 r_{N} は、

$$r_{\text{N}} = (S/\pi)^{1/2} = 0.5 \times [\text{nm}] = 5 \text{ \AA}$$

となる。即ち、図4(A)に示す面積 S の穴の直径 D_{N} は約10Åである。

この穴を He 、 N_2 分子がどの程度の確率で通過できるかを考える。 He や N_2 分子がこの穴を確実に通過できるためには、図4中の有効断面積 S_{N} 、 S_{H} (斜線部)をかすめなければならない。 He 、 N_2 分子の直径 d_{H} 、 d_{N} は、 $d_{\text{H}}=2.1$

8 Å、 $d_N = 3.75$ Åであるから、それぞれの分子に対する有効断面積 S_H 、 S_N は、

$$\begin{aligned} S_H &= \pi \{ (D_N - d_N) / 2 \}^2 \\ &= \pi \{ (10 - 2 \cdot 18) / 2 \}^2 \times (10^{-10})^2 \\ &= 15.3 \pi \times 10^{20} \end{aligned}$$

$$S_N = 9.77 \times \pi \times 10^{20}$$

となる。これらの値はその穴が完全な円形の1つの穴として考えた場合であって、実際には数カ所に穴があることも、またその穴が円形以外の形をしていると考えるのが妥当である。即ち、極端な場合には N_2 分子は全く通過できなくてもHe分子は通過できることもある。従って、どれだけ低く見積もってもHeガスの方が2倍弱は通過し易い。

またこのような穴からのHe、 N_2 分子の漏れ ΔN_H 、 ΔN_N はさらに、それらのガスの平均速度 v_{aH} 、 v_{aN} にも比例する。したがって、

$$\begin{aligned} \Delta N_H / \Delta N_N &= S_H \cdot v_{aH} / S_N \cdot v_{aN} \\ &= 15.3 \times 1367 / 9.77 \times 517 \\ &= 4.14 \end{aligned}$$

即ち、どんなに低く見積もってもHeガスの方が4倍以上速く漏れることがわかる。常識的には10倍程度以上と考えられる。

次に本発明の実験例を、図5～図7を参照して説明する。

圧力測定実験装置を図5に示すように構成する。まず、既述のようにすべての電極ピン2を短絡した圧力センサー1のベース1aを図示のように穴の開いたアクリル板20にアラルダイト等の接着材により接着し、真空ベルジャー21で覆い、真空ベルジャー21の一つの通孔にピラニー真空計22を接続し、他の一の通孔にコック23を介してロータリーポンプ（図示せず）を接続し、さらに他の一の通孔をコック24を介してHeガス源（図示せず）に接続する。なお図中25は絶縁用シリコン剤、26はリード線である。そして、既に述べた図2の測定回路を用いて、センサー内圧Pと放電開始電圧Vの関係を調べた。電流計10には、10 μAフルスケールのものを用いた。

この実験の結果と検討内容を説明する。まず、本実験による放電開始電圧とセ

ンサー容器の内圧との関係の一例を図6に、またそのときのパルス波形例を図7に示す。図6に示す結果は、放電開始電圧とセンサー容器の内圧との関係が、パッシェンの法則の通り推移し、これが本発明による圧力センサーの内部圧力推定の基準となり得ることをよく示している。

なお、この実験結果によれば、同一のセンサーで、同一の圧力であっても約10%程度の誤差が認められる。これは、印加電圧を上昇させる速度にバラツキがあったためで、コンピュータ等の制御手段により自動的に電圧上昇を調整すれば改良できる。もちろん、このような誤差範囲が狭いほど短期間でかつ広範囲の圧力を推定できる。

そして、図7の波形を観察すると、1パルス放電における電流の尖頭値は約2.5mA ($25\text{V} / 10 \times 10^3 \Omega$)であり、その時間は平均で約5 μ 秒である。これを平均電流に換算すると、12.5nAとなり、当然のことながら10 μ Aフルスケールの電流計で計測しても、針の触れは全く観察されなかった。逆に、同じ波形のパルスが間欠的に生じて、例えば1 μ Aの放電電流が観察されたとすると、1秒間に80個の放電パルスが発生したことになり、その場合の平均的なパルス間隔時間、即ち周期Tは12.5ミリ秒となり、動作時間1.5ミリ秒の電磁リレーで、ほとんど確実に次のパルス放電を止めることができた。ちなみに、この時の1パルス当たりのエネルギーは0.313 μ Jで、この程度のエネルギーでIC回路が損傷を受けるとは考えられない。

次にHeガスと空気の混入状態での放電開始電圧の違いによる高感度化を説明する。

Heガスを利用しなければ4日間で許容最大漏れ率 $L_{\max} = 1.0 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{cc} / \text{秒}$ を検出し得る圧力センサーの内圧は、安全率を考えれば70~120Pa程度である。これは、センサー内圧の上昇とともに最低感度 ($S_{\min} = \Delta V / \Delta P$ [V/Pa]) が低下するためである(図8参照)。一方、実際の圧力センサーの内圧は、図6からもわかるように200Pa程度のものもある。そこで、110~200Paの圧力範囲での感度上昇が不可欠であり、本発明では既に述べたHeガスと空気の混合ガスを用いることによりこの点を解決している。このHeガスと空気の混合ガスを用いた場合の結果を図9に示す。

なお図9の結果を得た実験において実際に測定しているのは両ガスの総合圧力（実験1では133Pa、実験2では174Pa、実験3では218Pa）であるので、空気圧力が一定となっている保証はなく、時間と容器30の内圧が変化し、図9に示すように実験後に空気圧力を測定すると多少異なっている。この結果から、両ガスの混合状態では放電開始電圧が極端に上昇するということがわかる。具体的には、最低感度が高い（90Pa）ときには300V強程度の電圧上昇であるが（図9の実験結果1参照）、最低感度の低い（120Pa以上）ときには平均的に500V以上の電圧上昇が見られる。上記のように、70～120Pa（図6からわかるようにその放電開始電圧は800V以上である）の圧力範囲では空气中に4日間放置するだけで許容最大漏れ率 $L_{max}=10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{cc} / \text{秒}$ を検出し得る。

即ち本発明の方法は、最低感度の低い（圧力範囲は120Pa以上、放電開始電圧は800V以下）のセンサーに対して大変効果的である。従って、まず空气中での放電開始電圧を測定し、それが800V以下であればそのセンサーをHeガスで満たした容器中に4日放置する。許容最大漏れ率 $L_{max}=10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{cc} / \text{秒}$ で真空漏れしたと仮定すると、空気なら約7Pa、Heガスならその10倍の70Pa漏れるから、例えば150Paの封じ込み圧力であつたとすれば4日後にはセンサーの内圧は $150 + 70 = 220 \text{ Pa}$ となる。センサー内のガスの混合比は $\text{N}_2 : \text{He} = 150 : 70$ で、図9の実験3から500V程度の放電開始電圧の上昇が見られる。本発明者等の別途行った実験によれば、放電開始電圧の測定誤差は大きく見ても50V以下であるから、空気だけでの漏れの測定よりも10倍以上の高感度で測定できる。即ち、110～200Paの範囲でも4日以内に許容最大漏れ率 $L_{max}=10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{cc} / \text{秒}$ を確実に検出できる。

本発明は以上説明してきたとおりのものであるが、請求の範囲に記載の事項の範囲内において種々の変形例を実施することが可能であり、また、図示した回路構成要素等は一例であって、種々の代替手段を採用できる。

請求の範囲

1. センサー容器内部の真空度と圧力導入部に印加される圧力との差から生じる歪電圧によって圧力を測定する歪みゲージ式の圧力センサーについて、該圧力センサーの良否を真空漏れの有無によって判定する方法であって、直流高電圧を発生させる電源の正極側をすべての電極を短絡した端子に接続し、上記センサー容器を接地し、上記端子と上記センサー容器との間に直流高電圧を印加し、上記センサー容器内の真空度により生じる放電電流から上記センサー容器内部の真空圧を測定し、該測定を所定の期間をおいて繰り返し、該期間での平均的な圧力変化率が所定値を上回れば真空漏れが生じているものとして不良品と判断するものであり、上記電源の正極側と上記端子との間には、上記放電電流が上記センサー容器内の電子回路を破壊しない値となるように選定した高い抵抗値を有する抵抗を介在させ、上記直流高電圧の印加開始の際には、上記印加電圧をゆっくりと可変させ、上記1パルスの放電で上記電圧印加をオフとするように制御することを特徴とする圧力センサーの良否判定方法。

2. 請求項1の圧力センサーの良否判定方法において、上記センサー容器をHeガスまたはHeガスと空気の混合ガスで満たした容器内に収納して試験を行うことを特徴とする圧力センサーの良否判定方法。

3. 請求項1の圧力センサーの良否判定方法において、上記センサー容器を所定期間空気中に放置した後、上記端子と上記センサー容器との間に直流高電圧を印加し、上記センサー容器内の真空度により生じる放電電流から上記センサー容器内部の真空圧を測定し、該測定値が所定の値を上回るときに、上記センサー容器をHeガスを満たした容器内に収納して所定の期間をおき、再度上記端子と上記センサー容器との間に直流高電圧を印加し、上記センサー容器内の真空度により生じる放電電流から上記センサー容器内部の真空圧を測定して該圧力センサーの良否を真空漏れの有無によって判定することを特徴とする圧力センサーの良否判定方法。

図 1

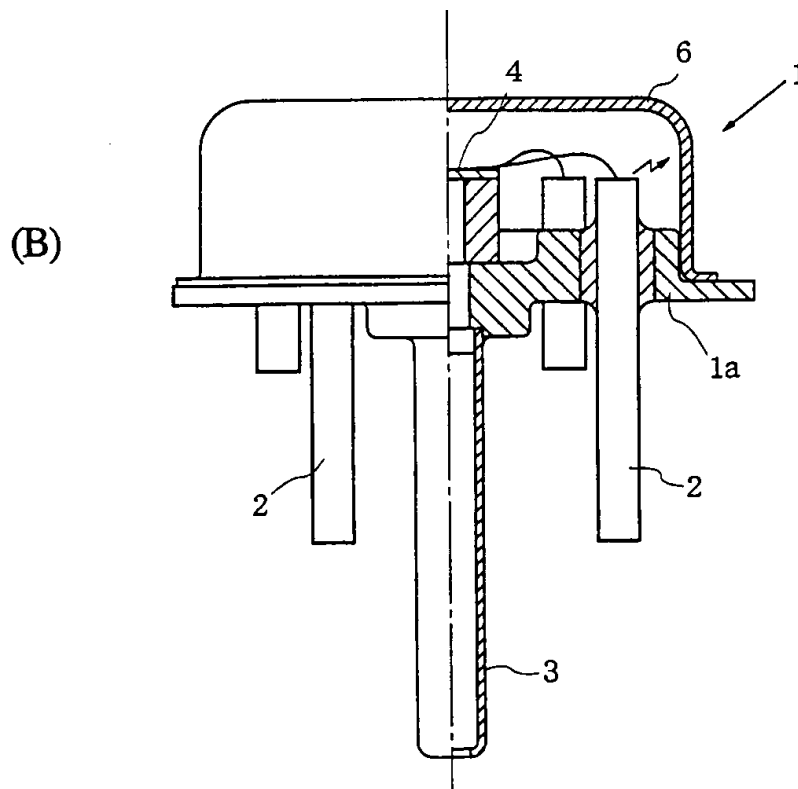
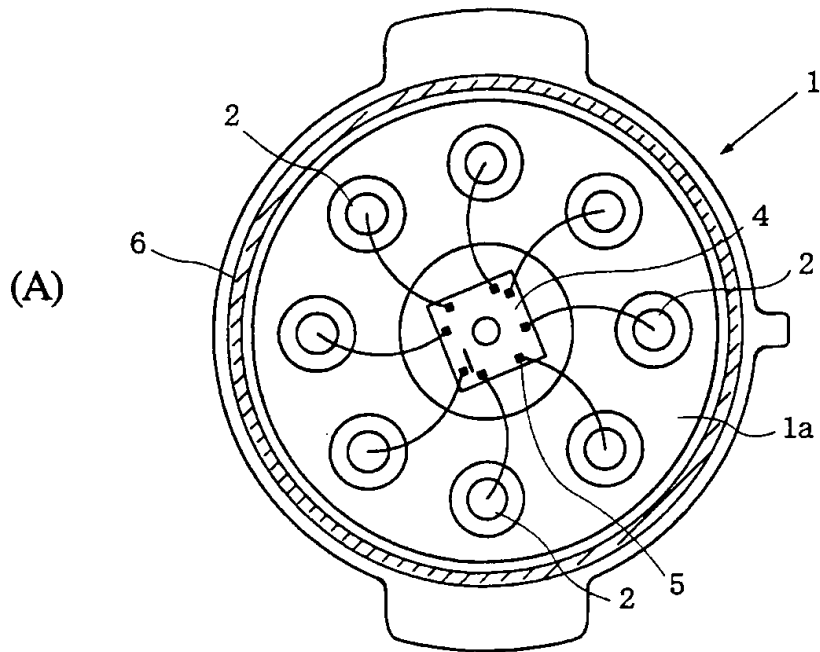
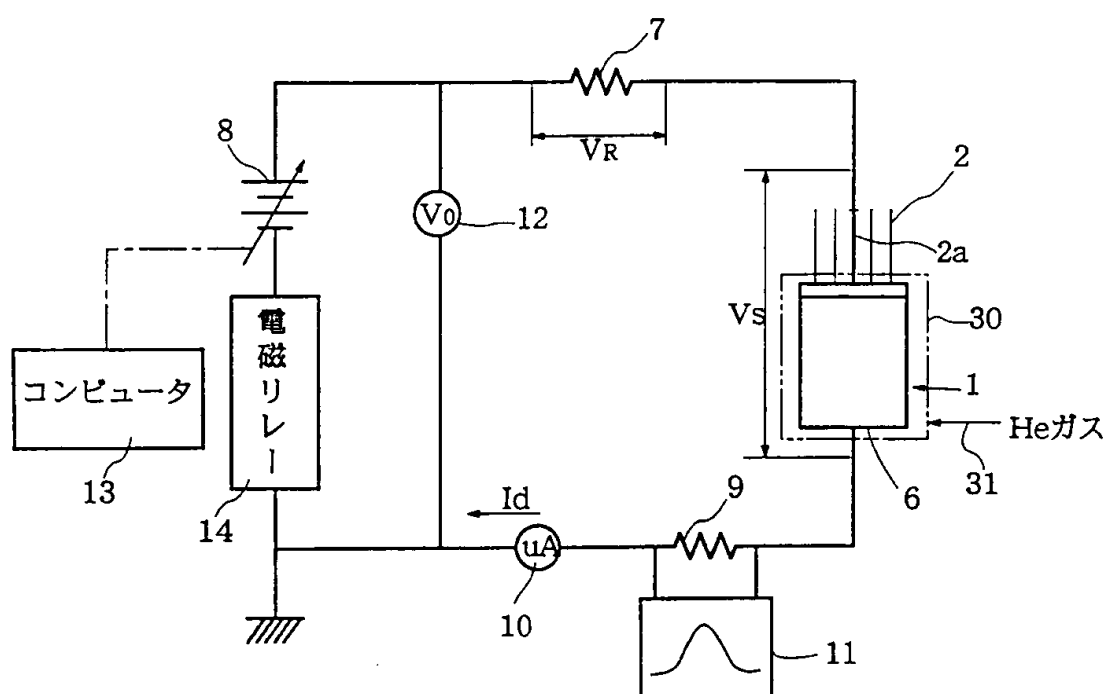


図2



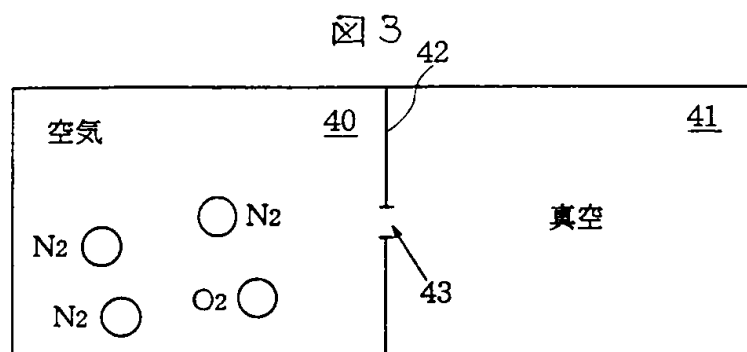


図 4

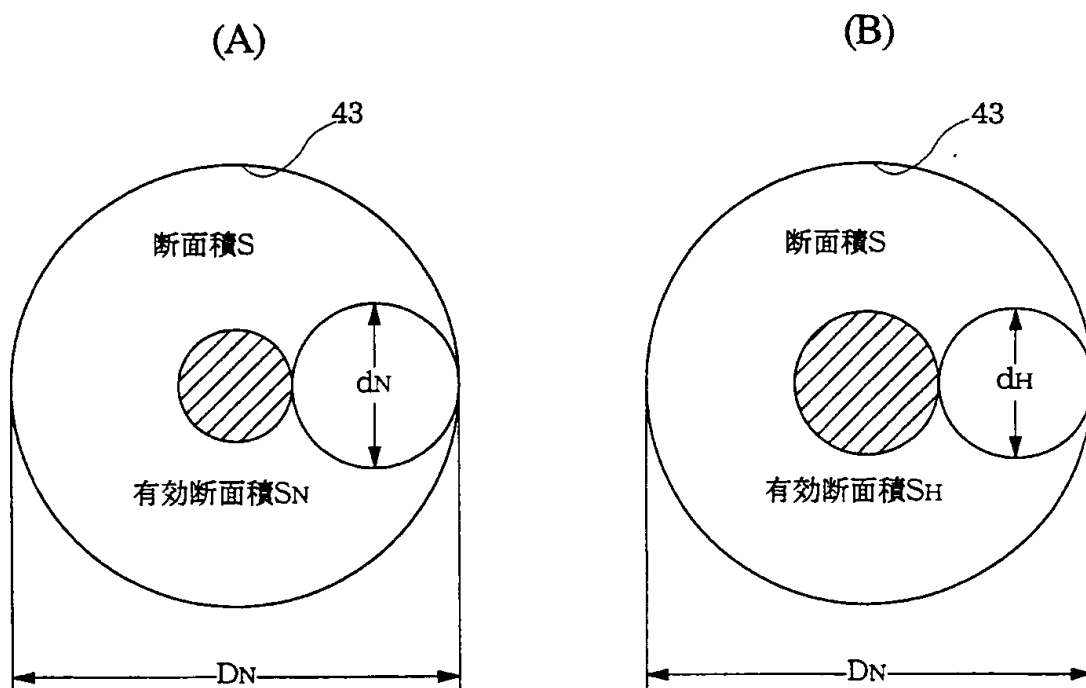


図5

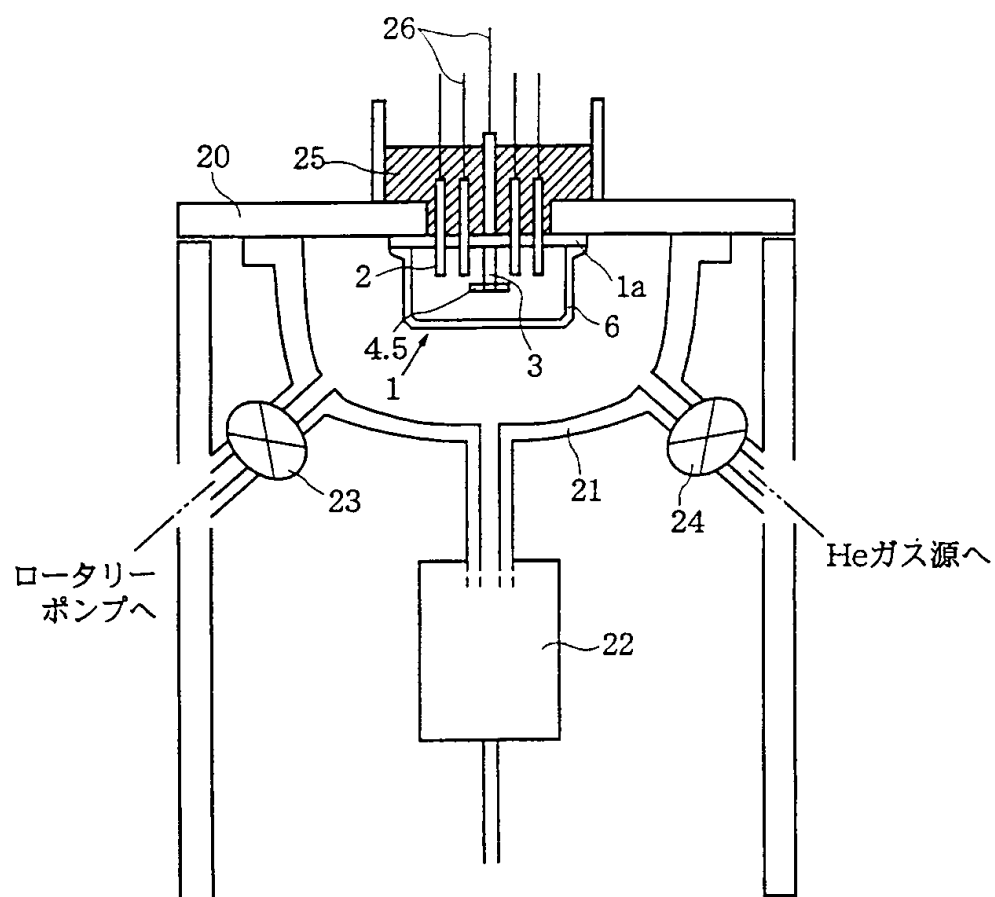


図 6

	80	90	100	120	150	200	500
1st	1685	1420	1174	935	719	616	488
2nd	1677	1413	1166	927	704	576	478
3rd	1670	1413	1174	935	672	592	462
4th	1677	1405	1173	935	700	600	512
5th	1670	1405	1182	935	664	560	528
6th	1677	1405	1174	942	664	592	494
7th	1677	1405	1174	942	672	576	494
8th	1677	1397	1174	950	656	584	486
9th	1685	1405	1166	927	664	553	512
10th	1677	1397	1174	935	664	560	524
差 (V)	15	23	16	23	63	63	66

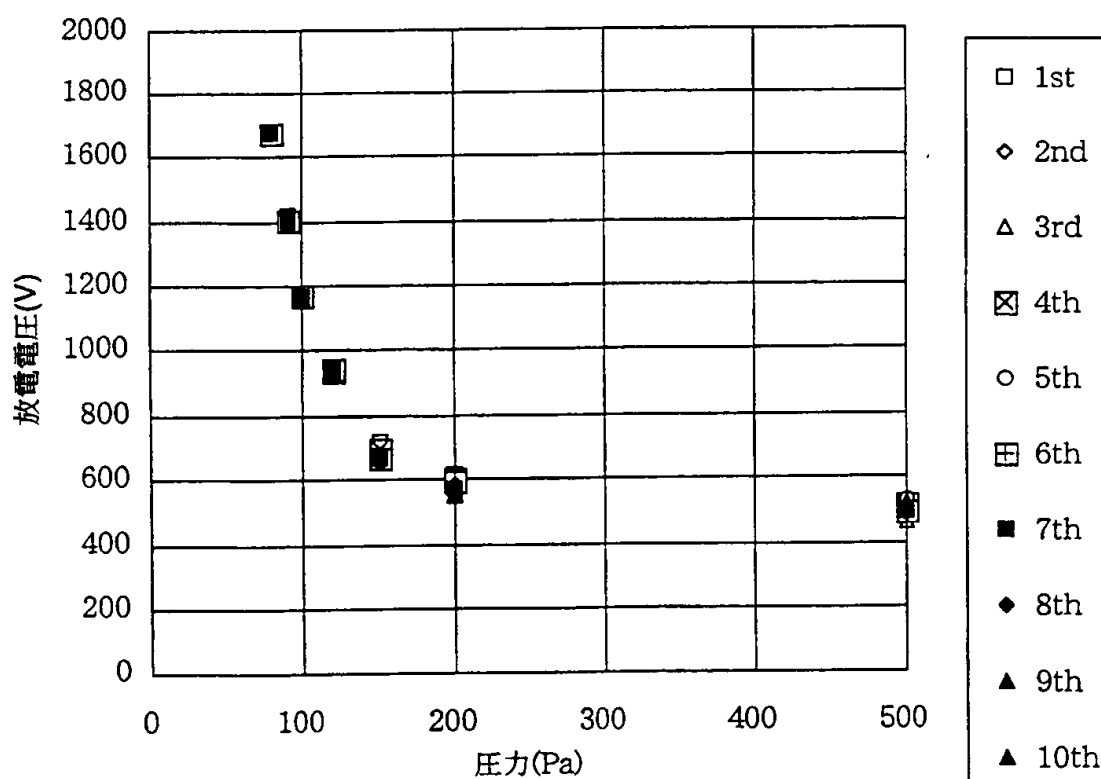


図 7

放電開始電圧 0.658KV

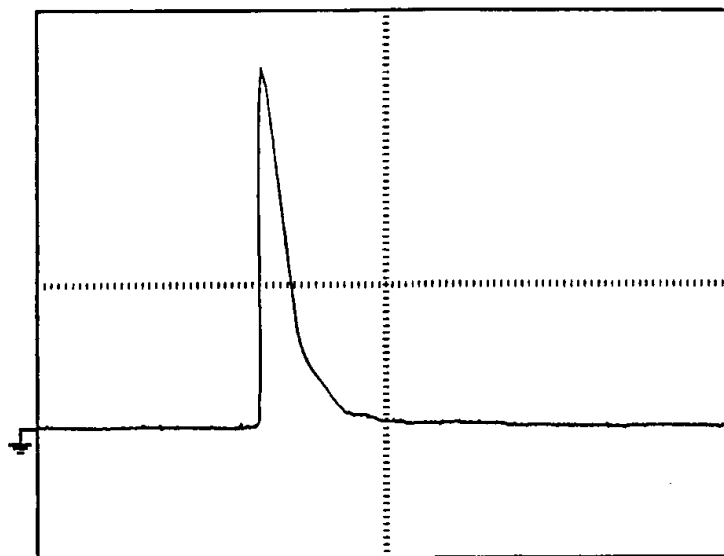


図 8

	70~80	80~90	90~100	100~120	120~150
No.1	*	25	21.5	10.8	6.9
No.2	27.1	23.9	14.2	6.0	4.5
No.3	40.8	21.5	10.4	6.1	4.5

図 9

実験 1

	空気	空気+ヘリウム	
	90Pa	133Pa	実験後の空気圧(Pa)
1st	908	1248	84
2nd	876	1441	91.6
3rd	908	1220	90

実験2

	空気	空気+ヘリウム	
	120Pa	174Pa	実験後の空気圧(Pa)
1st	786	1416	112
2nd	724	1392	113
3rd	680	1365	115

実験3

	空気	空気+ヘリウム	
	150Pa	218Pa	実験後の空気圧(Pa)
1st	534	1022	155
2nd	610	935	150
3rd	661	1075	140

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP97/01627

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl⁶ G01M3/40, G01L27/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl⁶ G01M3/16, G01M3/40, G01L9/02-9/08, G01L21/34, G01L27/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926 - 1996	Jitsuyo Shinan Toroku
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971 - 1997	Koho
Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994 - 1997	1996 - 1997

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP, 53-104846, A (Fujitsu Ltd.), September 12, 1978 (12. 09. 78) (Family: none)	1 - 3
A	JP, 57-23833, A (Hitachi, Ltd.), February 8, 1982 (08. 02. 82) (Family: none)	1 - 3

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"Δ" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

July 4, 1997 (04. 07. 97)

Date of mailing of the international search report

July 15, 1997 (15. 07. 97)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Facsimile No.

Authorized officer

Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号 PCT/J P 97/01627

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl ¹ G01M3/40, G01L27/00		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl ¹ G01M3/16, G01M3/40, G01L9/02-9/08, G01L21/34, G01L27/00		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの		
日本国実用新案公報 1926-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-1997年 日本国登録実用新案公報 1994-1997年 日本国実用新案登録公報 1996-1997年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P, 53-104846, A (富士通株式会社), 12. 9月. 1978 (12. 09. 78), (ファミリーなし)	1-3
A	J P, 57-23833, A (株式会社日立製作所), 8. 2月. 1982 (08. 02. 82), (ファミリーなし)	1-3
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 04. 07. 97		国際調査報告の発送日 15.07.97
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 菊井 広行 電話番号 03-3581-1101 内線 3226